

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 07-315802

(43) Date of publication of application : 05.12.1995

(51) Int.Cl.

C01B 3/38

B01D 53/22

C01B 3/50

(21) Application number : 06-108627

(71) Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22) Date of filing : 23.05.1994

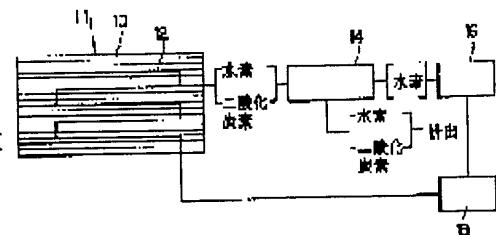
(72) Inventor : TAKAHASHI TOMONORI

## (54) REFORMING REACTOR

### (57) Abstract:

PURPOSE: To produce a reforming reactor capable of quickly starting in high thermal efficiency and having excellent hydrogen recovery rate, compact size and reduced electric power consumption by placing a partial oxidation, decomposition and reforming reaction catalyst and a heating resistor in the reforming reactor.

CONSTITUTION: This reforming reactor 11 is provided with a catalyst 10 and a heating resistor 12 embedded in the catalyst 10. The catalyst 10 has a function to proceed and accelerate the partial oxidation, decomposition and reforming reaction of a hydrocarbon or an oxygen-containing hydrocarbon such as methanol. The hydrocarbon, water and oxygen supplied to the reforming reactor 11 are heated at a prescribed temperature to start partial oxidation reaction and reforming reaction and form hydrogen and carbon dioxide as main products. The formed hydrogen and carbon dioxide are supplied to a hydrogen-separation apparatus 14 and the non-permeated gas left after the separation of hydrogen is exhausted. The electric power generated by a fuel cell 16 is stored in a battery 18. The power stored in the battery 18 can be used for the heating of the reforming reactor 11.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the reforming reactor for manufacturing hydrogen by using hydrocarbons, such as methane, a propane, a methanol, ethanol, and petroleum, and the hydrocarbon containing an oxygen atom as a raw material, is a reforming reactor used for the fuel cell of the electric vehicle which uses the combination of a fuel cell and a battery as a power supply still in detail in order to supply fuel hydrogen, and relates to improvement of the reforming reactor which generates hydrogen by using a methanol etc. as a raw material.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, a reforming reactor mainly decomposes the material gas containing hydrocarbons and oxygenated hydrocarbons, such as methane and a methanol, into hydrogen and a carbon dioxide by the steam-reforming reaction and CO water gas shift reaction, and is used for collecting hydrogen. Supply of the heat of reaction to such a reforming reactor was performed by heating indirect heating or directly with a catalyzed combustion or a burner. A grid-like combustion catalyst (honeycomb combustion catalyst) is used for the catalyzed-combustion machine of indirect heating, it is indicated by the JP,6-48701,A official report number that the pressure loss of a catalyzed-combustion machine is mitigable, and it is also further indicated by using an electric heater in the preheating of a catalyzed-combustion machine that soaking-ization of a catalyzed-combustion machine can be attained. Moreover, these applicants were this application and this date, supplied the gas containing a hydrocarbon, an oxygenated hydrocarbon, a steam, and oxygen, such as methane and a methanol, to combustion (partial oxidation), reforming, and the reforming reactor that can carry out a water gas shift reaction, and proposed the manufacture method of the high grade hydrogen manufacturing system which obtains heat inside this reforming machine reactor, and high grade hydrogen.

[0003] Here, the reforming reaction using the conventional reforming reactor is explained with reference to drawing 4. In drawing 4, the reforming material gas which mixed methane, the methanol, and the steam is supplied to the reforming reactor 1, and hydrogen and a carbon dioxide mainly generate it according to reforming / shift catalyst 2 in the reforming reactor 1. The generated reformed gas is processed by the hydrogen decollator 3 according to necessary, and hydrogen is collected. When carrying out fuel supply to fuel cells, such as an electric vehicle, especially, in order to obtain the hydrogen of a high grade to the hydrogen decollator 3, the hydrogen demarcation membrane made from Pd alloy is used. The hydrogen which was not collected is discharged with a carbon dioxide.

[0004] Heat required for an above-mentioned reforming reaction carries out preheating of the mixed gas containing methane, a methanol, and oxygen by the preheater 4 equipped with the burner or the electric heater, subsequently, is burned with the catalyzed-combustion vessel 5, and is supplied by carrying out heat transfer of the obtained heat 6 to the reforming reactor 1. And the steam and carbon dioxide which were generated by preheating and the catalyzed combustion are discharged. Moreover, when supplying heat required for a reforming reaction by direct heating using the burner, the mixed gas of the combustion gas and reforming material gas by the catalyzed combustion or the burner is supplied to the reforming reactor 1. Furthermore, in the high grade hydrogen manufacturing system which this applicant proposed, the mixed gas containing the reforming material gas which carried out preheating to the reforming reactor 1, and oxygen is supplied in producing a catalyzed combustion (partial oxidation) with a reforming reactor, and carrying out internal generation of heat.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although the hydrogen manufacturing system concerning the proposal of this applicant who explained above supplies the heat needed for a reforming reaction (endothermic reaction) by producing a partial oxidation reaction (exothermic reaction) within a reforming reactor and is excellent in the hydrogen recovery per hydrocarbon unit quantity, that the room of improvement as shown below exists made it clear. That is, before having to heat a reforming reactor positively by heat transfer through the electric heater for preheating, gas, and gas and reaching predetermined temperature until it is heated by the above-mentioned mixed gas to which preheating o

the reforming reactor was carried out at the time of (1) starting and reaches predetermined temperature, a reforming reaction and a partial oxidation reaction are not started, but a unconverted gas is discharged.  
(2) Much power is required for heating of an electric heater own [ at the time of the above-mentioned starting / for preheating ], heating of gas, and heating of the reforming reactor by heat transfer through gas.  
(3) Recovery of hydrogen is not enough until it reaches sufficient temperature to heat a hydrogen demarcation membrane by reaction generation gas at the time of starting, and perform hydrogen permeation, when it is going to carry out selection recovery of the hydrogen by the hydrogen demarcation membrane.  
[0006] this invention is made in view of the room of the above-mentioned improvement, and it can start with thermal efficiency quickly [ the place made into the purpose ], and sufficient, and is in offering the reforming reactor excellent in hydrogen recovery. Moreover, other purposes of this invention are compact and are to offer the reforming reactor which power consumption reduced.

[0007]  
[Means for Solving the Problem] As a result of inquiring wholeheartedly that the above-mentioned purpose should be attained, by making the resistor for heating build in a reforming reactor, this invention person finds out that the above-mentioned purpose can be attained, and came to complete this invention. Therefore, the reforming reactor of this invention is a reforming reactor which fuel-air-mixture-izes the gas containing the hydrocarbon containing a hydrocarbon and/or an oxygen atom, and water and oxygen, and performs partial oxidation of this hydrocarbon, decomposition, and reforming, and is characterized by having the catalyst and the resistor for heating for partial oxidation, decomposition, and a reforming reaction.

[0008]  
[Function] In this invention, it decided to arrange the resistor for heating in the interior of a reforming reactor. Therefore, heat transfer to a reforming reactor is good, since the catalyst for the reforming reactor itself, partial oxidation, decomposition, and/or a reforming reaction reaches predetermined temperature quickly, it can start easily and ecrisis of the unconverted gas at the time of starting can also be reduced. And when the above-mentioned resistor for heating is laid under the catalyst, heat transfer to the above-mentioned catalyst will become much more good, and will become possible [ starting still more quickly ]. Furthermore, if the above-mentioned resistor for heating is formed in the shape of a honeycomb and this honeycomb-like resistor is used also as support of the above-mentioned catalyst, heat transfer can be performed very good and starting will become very quick. Moreover, since the resistor for heating was arranged in the interior of a reforming reactor like \*\*\*\*, a preheater etc. is unnecessary, does not need to heat an excessive portion (equipment) at the time of starting, can heat a reforming reactor efficiently, and can reduce the power currently consumed by heating of an excessive portion.

[0009] Moreover, since a hydrogen demarcation membrane is also heated quickly and sufficient temperature to perform hydrogen separation at an early stage is reached when a hydrogen demarcation membrane is installed in the interior of reforming reaction container, efficient hydrogen recovery can be performed from the time of starting. Furthermore, when a hydrogen demarcation membrane is arranged in the interior of the above-mentioned catalyst, heat transfer to a hydrogen demarcation membrane is much more good, and it is possible to perform much more efficient hydrogen recovery.

[0010] The reforming reactor of this invention is suitable like \*\*\*\* not to need an excessive preheater etc. but carry the combination of a fuel cell and a battery in the electric vehicle used as a power supply from it being lightweight and compact. If the reforming reactor of this invention is used for a fuel cell as equipment which supplies fuel hydrogen, the charge to a battery from a fuel cell can be started in a short time at the time of starting, and the capacity design of a battery can be made easy. Moreover, the heating power supply of the resistor for heating can also be used as this battery, and power can be used effectively. In addition, as a fuel cell which faces and uses the reforming reactor of this invention for applying to an electric vehicle like \*\*\*\*, although a phosphate type fuel cell and a solid-state polyelectrolyte fuel cell can be illustrated, since latter one is [ that operation temperature is low (about 100 degrees C or less), and small and ] lightweight, it is desirable. Furthermore, in the latter, CO permissible dose to poisoning of the electrode \*\*\*\*\* slack Pt is as severe as 10 ppm or less, and if it applies to the reforming reactor of this invention using the hydrogen demarcation membrane, a big effect will be acquired. Moreover, as a hydrocarbon containing the hydrocarbon and/or oxygen atom which are used for a reforming raw material, it is a liquid in ordinary temperature and an ordinary pressure, and the methanol and ethanol which are excellent in storage, transportation, etc. can be used preferably.

[0011]  
[Example] Hereafter, although an example explains this invention with reference to a drawing, this invention is not limited to these examples.

(Example 1) Drawing 1 is outline explanatory drawing showing one example of the reforming reactor of this invention. and shows the equipment combined with the fuel cell and the battery. In this drawing, the reforming reactor 11 is

, equipped with a catalyst 10 and the resistor 12 for heating, and the resistor 12 for heating is laid under the catalyst 10. This catalyst 10 has the function to go on and promote the partial oxidation of hydrocarbons, such as a methanol, or an oxygenated hydrocarbon, decomposition, and a reforming reaction. although especially the resistor 12 is not limited and can, on the other hand, take various configurations, the quality of the material, etc. -- concrete -- a meal and exothermic body, a tabular meal exothermic body, a coil-like meal exothermic body, etc. can be illustrated In addition, according to necessary, pre-insulation can also be performed to these meal exothermic bodies. Moreover, the reforming reactor 11 is connected with the fuel cell 16 through the hydrogen decollator 14, and the fuel cell 16 was connected with the battery 18, and has connected the battery 18 with the reforming reactor 11.

[0012] Next, the operating state of the equipment shown in drawing 1 is explained. The hydrocarbon, water, and oxygen which were supplied to the reforming reactor 11 are heated by predetermined temperature, and cause a partial oxidation reaction and a reforming reaction, and hydrogen and a carbon dioxide mainly generate them. The hydrogen and the carbon dioxide which were generated are supplied to the hydrogen decollator 14, hydrogen separation is carried out, and hydrogen is supplied to a fuel cell 16. Under the present circumstances, the non-penetrated gas by which hydrogen separation was not carried out is discharged. And the power generated by the fuel cell 16 is sent and stored in a battery 18. The power stored in the battery 18 can be used for heating the reforming reactor 11.

[0013] (Performance evaluation) Power was supplied from the battery 18 and the reforming reactor 11 was heated. The reforming reactor 11 was heated in about 30 seconds to 300 degrees C which is the temperature to which a reforming reaction and a partial oxidation reaction advance. The electric energy needed for this heating was 50 kilojoule. When the mixed gas of a methanol, air, and a steam was supplied to the reforming reactor 11 heated as mentioned above, the partial oxidation reaction and the reforming reaction were started immediately. For this reason, unreacted gas was not discharged.

[0014] (Example 1 of comparison) In the equipment shown in drawing 4 , 60 seconds was taken to reach predetermined temperature, when power was supplied and heated to the preheater 4. Furthermore, since 30 seconds was taken for the catalyzed-combustion machine 5 to reach predetermined temperature, a total of 90 seconds or more needed to be heated. Consequently, unreacted gas was discharged, while [ 30 seconds ] the power which the above-mentioned heating took was 200 kilojoules and being time until a catalyzed-combustion machine is heated, after the preheater 5 was heated. It turns out that the reforming reactor of the example 1 which belongs the above result to the range of this invention as compared with the case of an example 1 is excellent in the starting characteristic, and it \*\* to power saving.

[0015] (Example 2) Other examples of the reforming reactor of this invention are shown in drawing 2 . In addition, the same sign is hereafter given to the same member substantially with the member explained by the above, and the explanation is omitted. The hydrogen demarcation membrane 20 is arranged in the interior of a catalyst 10 in drawing 2 . Since the hydrogen demarcation membrane 20 is arranged in this way, in this example, the hydrogen demarcation membrane 20 is quickly heated by even the temperature which makes hydrogen penetrate alternatively. Therefore, also in an initial stage, hydrogen is efficiently recoverable. When the same performance evaluation as the case of an example 1 was performed, the hydrogen demarcation membrane 20 was heated by 300 degrees C which is the temperature which demonstrates hydrogen permeability in about 30 seconds as soon as the reforming reactor 13 reached predetermined temperature, and its hydrogen recovery was also good.

[0016] (Example 3) The example of further others of the reforming machine of this invention is shown in drawing 3 . In this drawing, the honeycomb-like resistor 22 is arranged in the upstream (side to which a methanol etc. is supplied) of a catalyst 10, and the hydrogen demarcation membrane 20 is arranged in the catalyst 10 interior. When the same performance evaluation as an example 1 was performed using the equipment shown in drawing 3 , the honeycomb-like resistor 22 was heated in 10 seconds by 300 degrees C which is the temperature to which catalytic reaction advances. Moreover, time until the reforming reactor 15 whole is heated by 300 degrees C was only 20 seconds, and the electric energy which these heating took was 20 kilojoules.

[0017]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, it can write making the resistor for heating build in a reforming reactor, and can start with quickly and sufficient thermal efficiency, and the reforming reactor excellent in hydrogen recovery can be offered. Moreover, according to this invention, it is compact and the reforming reactor which power consumption reduced can be offered. That is, a reforming reactor can be efficiently heated by \*\*\*\*\* , hydrogen manufacture can be started in a short time, and discharge of a unconverted gas can be reduced. Moreover, power required at the time of starting can be reduced. Furthermore, the hydrogen recovery by the hydrogen demarcation membrane can carry out efficiently from the time of starting.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-315802

(43)公開日 平成7年(1995)12月5日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 01 B 3/38

9153-4D

B 01 D 53/22

C 01 B 3/50

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全4頁)

(21)出願番号

特願平6-108627

(71)出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(22)出願日

平成6年(1994)5月23日

(72)発明者 高橋 知典

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

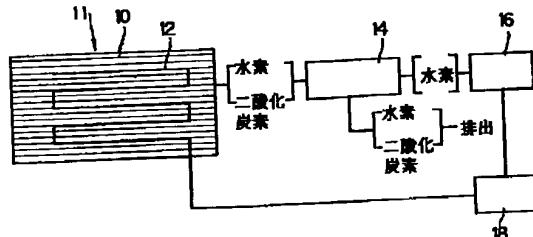
(74)代理人 弁理士 渡邊 一平

(54)【発明の名称】 改質反応器

(57)【要約】

【目的】 迅速且つ熱効率良く始動でき、水素回収率に優れた改質反応器を提供する。

【構成】 改質反応器11は、触媒10と加熱用抗体12とを備える。加熱用抗体12は触媒10に埋設されている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化水素及び／又は酸素原子を含む炭化水素と、水及び酸素を含有するガスとを混合・気化し、該炭化水素の部分酸化、分解、改質を行う改質反応器であって、

部分酸化、分解及び改質反応用の触媒と、加熱用抵抗体とを備えることを特徴とする改質反応器。

【請求項2】 上記加熱用抵抗体が、上記触媒に埋設されていることを特徴とする請求項1記載の改質反応器。

【請求項3】 上記加熱用抵抗体がハニカム状をなすことを特徴とする請求項1記載の改質反応器。

【請求項4】 水素分離膜を備えることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つの項に記載の改質反応器。

【請求項5】 上記触媒内部に水素分離膜を配設したことを特徴とする請求項1～4のいずれか1つの項に記載の改質反応器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、メタン、プロパン、メタノール、エタノール、石油等の炭化水素や酸素原子を含む炭化水素を原料として水素を製造するための改質反応器に係り、更に詳細には、燃料電池と蓄電池との組合せを電源とする電気自動車の燃料電池に、燃料水素を供給するために用いられる改質反応器であって、メタノール等を原料として水素を生成する改質反応器の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、改質反応器は、メタンやメタノール等の炭化水素や含酸素炭化水素を含む原料ガスを、水蒸気改質反応とCOシフト反応により主として水素と二酸化炭素とに分解し、水素を回収するのに用いられる。このような改質反応器への反応熱の供給は、触媒燃焼又はバーナにより間接加熱又は直接加熱することにより行われていた。特開平6-48701公報号には、間接加熱の触媒燃焼器に格子状燃焼触媒（ハニカム燃焼触媒）を用い、触媒燃焼器の圧損を軽減できることが開示されており、更に、触媒燃焼器の予備加熱において電気ヒータを用いることにより、触媒燃焼器の均熱化が図れることも開示されている。また、本件出願人は、本願と同日付で、メタンやメタノールなどの炭化水素や含酸素炭化水素と水蒸気と酸素とを含有するガスを、燃焼（部分酸化）、改質、シフト反応させ得る改質反応器に供給し、この改質器反応器内部で熱を得る高純度水素製造システム及び高純度水素の製造方法を提案した。

【0003】 ここで、従来の改質反応器を用いた改質反応を、図4を参照して説明する。図4において、メタンやメタノールと水蒸気とを混合した改質原料ガスは、改質反応器1に供給され、改質反応器1内の改質・シフト触媒2により、主に水素と二酸化炭素が生成する。生成した改質ガスは、所要に応じて水素分離装置3により処理され、水素が回収される。特に、電気自動車などの燃料電池に燃料供給する場合、水素分離装置3には高純度の水素を得るためにPd合金製の水素分離膜が使用される。回収されなかった水素は二酸化炭素とともに排出される。

2

【0004】 上述の改質反応に必要な熱は、メタンやメタノールと酸素とを含む混合ガスをバーナや電気ヒータを備えた予備加熱器4で予備加熱し、次いで、触媒燃焼器5で燃焼させ、得られた熱6を改質反応器1に伝熱することにより供給される。そして、予備加熱、触媒燃焼により生成した水蒸気、二酸化炭素は排出される。また、バーナを用いた直接加熱により改質反応に必要な熱を供給する場合には、改質反応器1に、触媒燃焼やバーナによる燃焼ガスと改質原料ガスとの混合ガスが供給される。更に、本件出願人が提案した高純度水素製造システムにおいては、改質反応器で触媒燃焼（部分酸化）を生じさせて内部発熱させるに当たり、改質反応器1に予備加熱した改質原料ガスと酸素とを含む混合ガスを供給する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記で説明した本件出願人の提案に係る水素製造システムは、改質反応（吸熱反応）に必要とされる熱を、部分酸化反応（発熱反応）を改質反応器内で生じさせることにより供給し、炭化水素単位量当たりの水素回収率に優れるものであるが、以下に示すような改良の余地が存在することが判明した。

即ち、

(1) 始動時において、改質反応器が予備加熱された上記混合ガスにより加熱され所定温度に達する迄は、予備加熱用電気ヒータ、ガス、ガスを介する熱伝達により改質反応器を積極的に加熱しなければならず、所定温度に達する以前においては、改質反応、部分酸化反応が開始されず、未反応ガスが排出される。

(2) 上記始動時における予備加熱用電気ヒータ自身の加熱、ガスの加熱、ガスを介する熱伝達による改質反応器の加熱には、多くの電力が必要である。

(3) 水素分離膜により水素を選択回収しようとする場合、始動時に、水素分離膜が反応生成ガスにより加熱されて水素透過を行なうに十分な温度に達するまでは、水素の回収が充分ではない。

【0006】 本発明は、上記改良の余地に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、迅速且つ熱効率良く始動でき、水素回収率に優れた改質反応器を提供することにある。また、本発明の他の目的は、コンパクトで消費電力が低減した改質反応器を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、上記目的を達成すべく鋭意研究した結果、加熱用抵抗体を改質反応器内蔵されることにより、上記目的が達成できること

を見出し、本発明を完成するに到った。従って、本発明の改質反応器は、炭化水素及び／又は酸素原子を含む炭化水素と、水及び酸素を含有するガスとを混合・気化し、該炭化水素の部分酸化、分解、改質を行う改質反応器であって、部分酸化、分解及び改質反応用の触媒と、加熱用抵抗体とを備えることを特徴とする。

## 【0008】

【作用】本発明においては、加熱用抵抗体を改質反応器内部に配設することにした。従って、改質反応器への熱伝達が良好であり、改質反応器自体や部分酸化、分解及び／又は改質反応用の触媒が迅速に所定温度に達するため、始動を容易に行うことができ、始動時における未反応ガスの排出も低減できる。そして、上記加熱用抵抗体を触媒に埋設した場合には、上記触媒への熱伝達が一層良好なものとなり、一層迅速に始動することが可能となる。更に、上記加熱用抵抗体をハニカム状に形成し、このハニカム状抵抗体を上記触媒の担体としても使用すれば、熱伝達を極めて良好に行うことができ、始動が極めて迅速なものとなる。また、上述の如く加熱用抵抗体を改質反応器内部に配設したことから、予備加熱器等が不要であり、始動時において余分な部分（装置）を加熱しなくてもよく、改質反応器を効率よく加熱でき、余分な部分の加熱に消費されていた電力を低減できる。

【0009】また、改質反応容器内部に水素分離膜を設置した場合には、水素分離膜も迅速に加熱され、早期に水素分離を行うに十分な温度に達するため、始動当初から効率の良い水素回収を行うことができる。更に、水素分離膜を上記触媒内部に配設した場合には、水素分離膜への熱伝達が一層良好であり、一層効率の良い水素回収を行うことが可能である。

【0010】本発明の改質反応器は、上述の如く余分な予備加熱器等を必要とせず、軽量且つコンパクトであることから、特に燃料電池と蓄電池との組合せを電源とする電気自動車に搭載するのに好適である。本発明の改質反応器を、燃料電池に燃料水素を供給する装置として用いれば、始動時において、燃料電池から蓄電池への充電を短時間で開始でき、蓄電池の容量設計を容易にできる。また、加熱用抵抗体の加熱電源を該蓄電池とすることもでき、電力を有効活用できる。なお、本発明の改質反応器を上述の如く電気自動車に適用するに際し、使用的燃料電池としては、リン酸塩型燃料電池、固体高分子電解質燃料電池を例示できるが、後者の方が作動温度が低く（約100°C以下）、小型・軽量であるため好ましい。更に、後者では、電極触媒たるPtの被毒に対するCO許容量が10 ppm以下と厳しく、水素分離膜を用いた本発明の改質反応器へ適用すれば、大きな効果が得られる。また、改質原料に用いる炭化水素及び／又は酸素原子を含む炭化水素としては、常温・常圧で液体であり、貯蔵・輸送等に優れるメタノール、エタノールを好ましく使用できる。

## 【0011】

【実施例】以下、本発明を図面を参照して実施例により説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

（実施例1）図1は、本発明の改質反応器の一実施例を示す概略説明図であり、燃料電池及び蓄電池と組み合わせた装置を示している。同図において、改質反応器11は触媒10と加熱用抵抗体12とを備え、加熱用抵抗体12は触媒10に埋設されている。この触媒10は、メタノール等の炭化水素や含酸素炭化水素の部分酸化、分解、改質反応を進行・促進させる機能を有するものである。一方、抵抗体12は、特に限定されるものではなく、種々の形状、材質等を採り得るが、具体的には線状金属発熱体、板状金属発熱体、コイル状金属発熱体等を例示できる。なお、これら金属発熱体には、所要に応じて絶縁被覆を施すことができる。また、改質反応器11は、水素分離装置14を介して燃料電池16と連結しており、燃料電池16は蓄電池18と連結し、蓄電池18は改質反応器11と連結している。

【0012】次に、図1に示す装置の作動状態を説明する。改質反応器11に供給された炭化水素、水及び酸素は、所定温度に加熱され、部分酸化反応や改質反応を起こし、主として水素と二酸化炭素とが生成する。生成した水素及び二酸化炭素は水素分離装置14に供給され、水素分離され燃料電池16に水素が供給される。この際、水素分離されなかった未透過ガスは排出される。そして、燃料電池16により発生した電力は、蓄電池18に送られ貯蔵される。蓄電池18に貯蔵された電力は、改質反応器11を加熱するに使用することができる。

【0013】（性能評価）蓄電池18から電力を供給して改質反応器11を加熱した。改質反応器11は、改質反応、部分酸化反応が進行する温度である300°Cまで約30秒で加熱された。この加熱に必要とされた電力量は、50キロジュールであった。上述のように加熱した改質反応器11に、メタノールと空気と水蒸気との混合ガスを供給すると、即座に部分酸化反応及び改質反応が開始された。このため、未反応のガスは排出されなかつた。

【0014】（比較例1）図4に示した装置において、予備加熱器4に電力を供給して加熱したところ所定温度に達するまでに60秒を要した。更に、触媒燃焼器5が所定温度に達するまでに30秒を要したため、合計90秒以上の加熱が必要であった。この結果、上記加熱に要した電力は200キロジュールであり、また、予備加熱器5が加熱された後に触媒燃焼器が加熱されるまでの時間である30秒間は、未反応のガスが排出された。以上の結果を実施例1の場合と比較すると、本発明の範囲に属する実施例1の改質反応器は始動特性に優れ、且つ省電力に資することが分かる。

【0015】（実施例2）図2に、本発明の改質反応器

の他の実施例を示す。なお、以下、上記で説明した部材と実質的に同一の部材には同一符号を付し、その説明を省略する。図2において、触媒10の内部には水素分離膜20が配設されている。水素分離膜20がこのように配設されているため、本実施例においては、水素分離膜20が水素を選択的に透過させる温度にまで迅速に加熱される。従って、初期段階においても水素を効率よく回収できる。実施例1の場合と同様の性能評価をおこなったところ、水素分離膜20は、改質反応器13が所定温度に達するのと同時に（約30秒）、水素透過性を発揮する温度である300°Cに加熱され、水素回収率も良好であった。

【0016】（実施例3）図3に、本発明の改質器の更に他の実施例を示す。同図において、触媒10の上流側（メタノール等が供給される側）にはハニカム状抵抗体22が配設されており、また、触媒10内部に水素分離膜20が配設されている。図3に示す装置を用いて、実施例1と同様の性能評価を行うと、ハニカム状抵抗体22は、触媒反応が進行する温度である300°Cに10秒で加熱された。また、改質反応器15全体が300°Cに加熱されるまでの時間は、わずかに20秒であり、これら加熱に要した電力量は20キロジュールであった。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、加熱用抵抗体を改質反応器内蔵させることとしたため、迅速且つ熱効率良く始動でき、水素回収率に優れた改質反応器を提供することができる。また、本発明によれば、コンパクトで消費電力が低減した改質反応器を提供することができる。即ち、始動時に改質反応器が効率的に加熱され、短時間で水素製造が開始でき、未反応ガスの排出を低減できる。また、始動時に必要な電力を低減できる。更に、水素分離膜による水素回収が、始動時から効率良く行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の改質反応器の一実施例を示す概略説明図である。

【図2】本発明の改質反応器の他の実施例を示す概略説明図である。

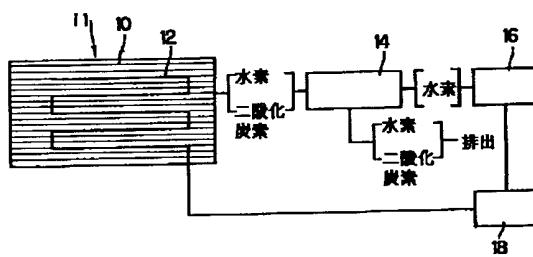
【図3】本発明の改質反応器の更に他の実施例を示す概略説明図である。

【図4】従来の改質反応器の一例を示す概略説明図である。

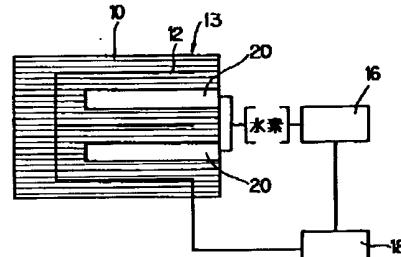
【符号の説明】

10 触媒、11、13、15 改質反応器、12 抵抗体、14 水素分離装置、16 燃料電池、18 蓄電池、20 水素分離膜、22 ハニカム状抵抗体

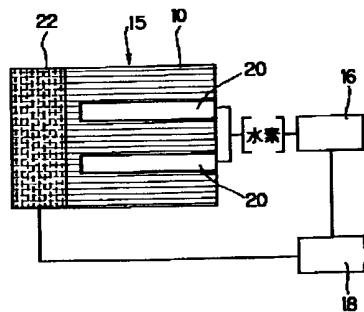
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

